

## RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 27/02/2022.

Caroline Gregoli Fuzetti

**Secagem por *spray drying* do corante natural azul de flores comestíveis da ervilha borboleta (*Clitoria ternatea* L.) com diferentes agentes carreadores**

São José do Rio Preto  
2020

Caroline Gregoli Fuzetti

**Secagem por *spray drying* do corante natural azul de flores comestíveis da ervilha borboleta (*Clitoria ternatea L.*) com diferentes agentes carreadores**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CNPq

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Vânia Regina Nicoletti

São José do Rio Preto  
2020

F996s

Fuzetti, Caroline Gregoli

Secagem por spray drying do corante natural azul de flores comestíveis da ervilha borboleta (*Clitoria ternatea* L.) com diferentes agentes carreadores / Caroline Gregoli Fuzetti. -- São José do Rio Preto, 2020

94 f. : il., tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto

Orientadora: Vânia Regina Nicoletti

1. Secagem em spray. 2. Flores. 3. Extratos vegetais. 4. Antocianinas. 5. Biopolímeros. I. Título.

Caroline Gregoli Fuzetti

**Secagem por *spray drying* do corante natural azul de flores comestíveis da ervilha borboleta (*Clitoria ternatea L.*) com diferentes agentes carreadores**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CNPq

Comissão Examinadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vânia Regina Nicoletti  
UNESP/IBILCE - São José do Rio Preto  
Orientadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Carolina Conti e Silva  
UNESP/IBILCE - São José do Rio Preto

Prof. Dr. Maurício Bonatto Machado de Castilhos  
UEMG - Frutal

São José do Rio Preto  
27 de fevereiro de 2020

*Dedico este trabalho...*

*À minha família e amigos*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por todos os dias me abençoar e possibilitar a realização do mestrado em minha vida.

A minha família, por sempre incentivar os meus estudos e por todo o suporte sempre.

A Professora Vania, pelas dicas, por toda paciência, parceria, orientação e compreensão que teve comigo, sua ajuda foi fundamental para que pudesse chegar até aqui.

Aos amigos de laboratório e faculdade, em especial Márcio, Adilson, Rodrigo, Maria Júlia, Bianca, Eduardo e Anteia, pela convivência, paciência e companheirismo, momentos de alegria e descontração.

Aos Professores Ana Carolina e Maurício, membros da banca, que se dispuseram a colaborar com o meu trabalho. Aos Professores Marília e Roger, que também se disponibilizaram como suplentes.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro.

Por fim, agradeço a todos os Professores, pelos conhecimentos transmitidos e ao DETA/Unesp, que disponibiliza espaço, equipamentos e material para a realização dos trabalhos de pesquisa.

*“Eu asseguro que, se vocês tiverem fé do tamanho de um grão de mostarda, poderão dizer a este monte: “Vá daqui para lá”, e ele irá. Nada será impossível para vocês...”*

A Bíblia (MATEUS, 17:20)

## RESUMO

Os pigmentos naturais obtidos de plantas são de crescente interesse como substitutos aos corantes sintéticos. As flores comestíveis possuem cores ricas e compostos com propriedades funcionais. As flores da ervilha borboleta azul (*Clitoria ternatea* L.) têm sido tradicionalmente usadas como corantes em alimentos, além de serem fontes de antocianinas e outros flavonóides com valores medicinais, principalmente antioxidantes. O encapsulamento visa preservar os pigmentos naturais de fatores que podem degradá-los. Com base nessas considerações, este trabalho teve como objetivo transformar o extrato líquido obtido das flores da ervilha-borboleta em pó através do processo de secagem por *spray drying*, utilizando maltodextrina, fécula de mandioca e gelatina como agentes carreadores, obtendo um produto pronto para uso, fácil de manusear e com prazo de validade elevado. Foi estudada a reologia das formulações antes da realização da secagem. A formulação contendo apenas maltodextrina e o extrato apresentaram comportamento reológico Newtoniano, sendo que a formulação com fécula de mandioca/maltodextrina apresentou melhor ajuste ao modelo Lei da Potência e a de gelatina/maltodextrina foi ajustada ao modelo de Herschel-Bulkley. As condições selecionadas para secagem do extrato foram: temperatura de entrada do ar de 140 °C, fluxo de ar de 742 L/h, vazão de alimentação de 5 mL/min e 20% de carreadores nas formulações, sendo a formulação MD constituída por 20% de maltodextrina pura, a formulação FMD por 1% de fécula de mandioca e 19% de maltodextrina, e a formulação GMD por 5% de gelatina e 15% de maltodextrina. Os pós produzidos foram avaliados quanto às suas características físico-químicas e colorimétricas, resultando em alta retenção de antocianinas (> 90%), boa solubilidade (em torno de 99%), baixa umidade (< 5%) e boas propriedades de reconstituição, com atributos de cor muito semelhantes ao extrato original em diferentes pHs. As formulações combinadas de gelatina-maltodextrina resultaram em pós com as melhores características físico-químicas e morfológicas, além de melhor preservação da cor. Foi avaliado o comportamento de sorção de água dos pós e as isotermas foram classificadas como tipo III, sendo que ao modelo de GAB apresentou bom ajuste aos dados experimentais. Por fim, a estabilidade dos pós ao armazenamento foi avaliada ao longo de 60 dias, durante os quais os pós mantiveram suas características de cor preservadas.

**Palavras-chave:** Pigmentos naturais. *Spray drying*. Antocianinas. Maltodextrina. Fécula de mandioca. Gelatina.

## ABSTRACT

Natural pigments obtained from plants are of increasing interest as substitutes for synthetic dyes. Edible flowers have rich colors and compounds with functional properties. The flowers of the blue butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) have traditionally been used as dyes in foods, in addition to being sources of anthocyanins and other flavonoids with medicinal values, mainly antioxidants. Encapsulation aims to preserve natural pigments from factors that can degrade them. Based on these considerations, this work aimed to transform the liquid extract obtained from flowers of the butterfly pea into powder through the spray drying process, using maltodextrin, cassava starch and gelatin as carrier agents, obtaining a ready-to-use product easy to handle and with a long shelf life. The rheology of the formulations was studied before drying. The formulation containing only maltodextrin and the extract showed Newtonian rheological behavior, and the formulation with cassava starch / maltodextrin showed a better fit to the Power Law model and the gelatin/maltodextrin model was adjusted to the Herschel-Bulkley model. The selected conditions for drying the extract were: air inlet temperature of 140 °C, air flow of 742 L / h, feed flow of 5 mL / min and 20% carriers in the formulations, with the formulation MD consisting of 20 % pure maltodextrin, the FMD formulation with 1% cassava starch and 19% maltodextrin, and the GMD formulation with 5% gelatin and 15% maltodextrin. The powders produced were evaluated for their physical-chemical and colorimetric characteristics, resulting in high anthocyanin retention (> 90%), good solubility (around 99%), low humidity (<5%) and good reconstitution properties, with color attributes very similar to the original extract at different pHs. The combined formulations of gelatin-maltodextrin resulted in powders with the best physical-chemical and morphological characteristics, in addition to better color preservation. The water sorption behavior of the powders was evaluated and the isotherms were classified as type III, with the GAB model presenting a good fit the experimental data. Finally, the stability of the powders on storage was evaluated over 60 days, during which the powders maintained their preserved color characteristics.

**Keywords:** Natural dyes. *Spray drying*. Anthocyanins. Maltodextrin. Cassava starch. Gelatin.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Espaço de cor CIE Lab.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 19 |
| <b>Figura 2.</b> Estrutura química de alguns corantes classe azo. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 21 |
| <b>Figura 3.</b> Estrutura química das seis antocianinas 3-glicosídeo mais comuns.....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 22 |
| <b>Figura 4.</b> Espectros de antocianinas de rabanete (pelargoidina-3-soforosídeo-5-glicosídeo) em tampão pH 1 e pH 4,5. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 23 |
| <b>Figura 5.</b> Transformações estruturais das antocianinas em função do pH. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 23 |
| <b>Figura 6.</b> Exemplos de flores comestíveis: (1) <i>Ageratum houstonianum</i> , (2) <i>Antirrhinum majus</i> , (3) <i>Begonia semperflorens</i> , (4) <i>Borago officinalis</i> , (5) <i>Calendula officinalis</i> , (6) <i>Dianthus × barbatus</i> , (7) <i>Fuchsia hybrid</i> , (8) <i>Pelargonium peltatum</i> , (9) <i>Petunia × hybrid</i> , (10) <i>Tagetes erecta</i> , (11) <i>Tropaeolum majus</i> , (12) <i>Viola × wittrockiana</i> ..... | 25 |
| <b>Figura 7.</b> Cores encontradas nas flores da <i>C. ternatea</i> .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 27 |
| <b>Figura 8.</b> Antocianinas e flavonoides (pmol/mg pétala fresca) das flores da <i>C. ternatea</i> . ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 28 |
| <b>Figura 9.</b> Princípio de operação de um secador por <i>spray drying</i> . ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 30 |
| <b>Figura 10.</b> Tipos de isotermas de sorção descritos por Brunauer .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 34 |
| <b>Figura 11.</b> Preparo das formulações contendo maltodextrina (MD), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e gelatina/maltodextrina (GMD). ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 36 |
| <b>Figura 12.</b> Processo de obtenção dos extratos das flores. ....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 46 |
| <b>Figura 13.</b> Viscosidade aparente do extrato das flores da ervilha-borboleta (■) e das formulações com maltodextrina (MD) (▼), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) (●) e gelatina/maltodextrina (GMD) (▲).....                                                                                                                                                                                                                                   | 49 |
| <b>Figura 14.</b> Pós obtidos do extrato das flores da ervilha-borboleta produzidos por <i>spray drying</i> utilizando maltodextrina (MD), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e gelatina/maltodextrina (GMD) como agentes carreadores.....                                                                                                                                                                                                           | 54 |
| <b>Figura 15.</b> Microscopias dos pós obtidos do extrato das flores da ervilha-borboleta produzidos por <i>spray drying</i> utilizando maltodextrina (MD) (a, d, g), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) (b, e, h) e gelatina/maltodextrina (GMD) (c, f, i) como agentes carreadores, com ampliação de 500x, 5000x e 10.000x.....                                                                                                                    | 55 |
| <b>Figura 16.</b> Escala de cores para o extrato original das flores da ervilha-borboleta e pós reconstituídos após secagem por <i>spray drying</i> , produzidos com maltodextrina (MD), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e gelatina/maltodextrina (GMD) em diferentes valores de pH .....                                                                                                                                                         | 57 |
| <b>Figura 17.</b> Isotermas de sorção do extrato das flores de ervilha-borboleta em pó (a) maltodextrina (MD); (b) fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e (c) gelatina/maltodextrina (GMD) a 25 °C, incluindo o ajuste do modelo GAB. ....                                                                                                                                                                                                             | 61 |
| <b>Figura 18.</b> Aspecto das amostras em pó maltodextrina (MD), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e gelatina/maltodextrina (GMD) armazenadas a 25°C em diferentes umidades relativas. ....                                                                                                                                                                                                                                                         | 63 |

|                                                                                                                                                                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Figura 19.</b> Higroscopicidade dos pós maltodextrina (MD) (■), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) (▲) e gelatina/maltodextrina (GMD) (●) ao longo do armazenamento t = 0 a t = 60 dias (25 °C / UR 33%). | <b>64</b> |
| <b>Figura 20.</b> Aspecto dos pós formulados com maltodextrina (MD), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e gelatina/maltodextrina (GMD) ao longo do armazenamento                                             | <b>67</b> |
| <b>Figura 1A.</b> Condições de secagem insatisfatórias com fécula de mandioca (F) e gelatina (G).                                                                                                                | <b>83</b> |
| <b>Figura 2A.</b> Pós das formulações MD, FMD e GMD, nas temperaturas de 140°C e 160°C....                                                                                                                       | <b>88</b> |
| <b>Figura 3A.</b> Diagrama para localização do hue (°).....                                                                                                                                                      | <b>90</b> |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabela 1.</b> Modelos utilizados para descrever o comportamento reológico de fluidos.....                                                                                                                                                                                                                                             | 33 |
| <b>Tabela 2.</b> Composição das formulações contendo maltodextrina (MD), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e gelatina/maltodextrina (GMD) .....                                                                                                                                                                                     | 36 |
| <b>Tabela 3.</b> Caracterização das matérias-primas (média $\pm$ DP).....                                                                                                                                                                                                                                                                | 44 |
| <b>Tabela 4.</b> Parâmetros de cor e antocianinas monoméricas totais (AT) dos extratos em diferentes concentrações. ....                                                                                                                                                                                                                 | 46 |
| <b>Tabela 5.</b> Parâmetros reológicos do extrato das flores da ervilha-borboleta e das formulações com maltodextrina (MD), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e gelatina/maltodextrina (GMD).....                                                                                                                                   | 48 |
| <b>Tabela 6.</b> Propriedades físico-químicas do extrato das flores da ervilha-borboleta seco por <i>spray drying</i> com maltodextrina (MD), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e gelatina/maltodextrina (GMD) como agentes carreadores (média $\pm$ DP)*.....                                                                      | 52 |
| <b>Tabela 7.</b> Variação do hue ( $^{\circ}$ ) do extrato líquido original das flores da ervilha-borboleta e dos pós reconstituídos após a secagem por <i>spray drying</i> produzidos com maltodextrina (MD), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e gelatina/maltodextrina (GMD) em diferentes valores de pH (média $\pm$ DP)* ..... | 58 |
| <b>Tabela 8.</b> Dados experimentais para a umidade de equilíbrio das amostras MD, FMD e GMD. ....                                                                                                                                                                                                                                       | 60 |
| <b>Tabela 9.</b> Parâmetros para o modelo de GAB ajustado às isotermas de sorção de água das amostras em pó maltodextrina (MD), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e gelatina/maltodextrina (GMD) a 25 $^{\circ}$ C. ....                                                                                                            | 62 |
| <b>Tabela 10.</b> Conteúdo de antocianinas totais para as formulações em pó com maltodextrina (MD), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e gelatina/maltodextrina (GMD) durante o armazenamento (média $\pm$ DP)*. ....                                                                                                                | 65 |
| <b>Tabela 11.</b> Variação do hue ( $^{\circ}$ ) dos pós produzidos com maltodextrina (MD), fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e gelatina/maltodextrina (GMD) ao longo do tempo de armazenamento (média $\pm$ DP)* .....                                                                                                             | 66 |
| <b>Tabela 1A.</b> Rendimento de processo em função da temperatura usando maltodextrina como agente carreador (formulação MD).....                                                                                                                                                                                                        | 82 |
| <b>Tabela 2A.</b> Rendimento de processo em função da temperatura para as formulações fécula de mandioca/maltodextrina (FMD) e gelatina/maltodextrina (GMD) .....                                                                                                                                                                        | 83 |
| <b>Tabela 3A.</b> Rendimento, umidade, solubilidade, higroscopicidade, antocianinas totais e retenção de antocianinas para os pós obtidos (média $\pm$ DP)* .....                                                                                                                                                                        | 84 |
| <b>Tabela 4A.</b> Parâmetros de cor para os pós com formulações MD, FMD e GMD (média $\pm$ DP)* .....                                                                                                                                                                                                                                    | 88 |
| <b>Tabela 1B.</b> Dados colorimétricos obtidos para o extrato líquido em diferentes pHs (média $\pm$ DP) .....                                                                                                                                                                                                                           | 91 |
| <b>Tabela 2B.</b> Dados colorimétricos obtidos para os pós da formulação (MD) reconstituídos em diferentes pHs (média $\pm$ DP) .....                                                                                                                                                                                                    | 91 |

|                                                                                                                                        |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Tabela 3B.</b> Dados colorimétricos obtidos para os pós da formulação (FMD) reconstituídos em diferentes pHs (média $\pm$ DP) ..... | <b>92</b> |
| <b>Tabela 4B.</b> Dados colorimétricos obtidos para os pós da formulação (GMD) reconstituídos em diferentes pHs (média $\pm$ DP) ..... | <b>92</b> |
| <b>Tabela 5B.</b> Dados colorimétricos obtidos para os pós da formulação (MD) ao longo do armazenamento (média $\pm$ DP) .....         | <b>93</b> |
| <b>Tabela 6B.</b> D Dados colorimétricos obtidos para os pós da formulação (FMD) ao longo do armazenamento (média $\pm$ DP) .....      | <b>93</b> |
| <b>Tabela 7B.</b> D Dados colorimétricos obtidos para os pós da formulação (GMD) ao longo do armazenamento (média $\pm$ DP) .....      | <b>94</b> |

## SUMÁRIO

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>                                                 | <b>15</b> |
| <b>2 OBJETIVOS .....</b>                                                 | <b>17</b> |
| <b>2.1 Objetivos específicos.....</b>                                    | <b>17</b> |
| <b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                     | <b>18</b> |
| <b>3.1 Cor .....</b>                                                     | <b>18</b> |
| 3.1.1 Quantificação da cor.....                                          | 18        |
| <b>3.2 Corantes .....</b>                                                | <b>19</b> |
| <b>3.3 Pigmentos naturais .....</b>                                      | <b>21</b> |
| 3.3.1 Antocianinas.....                                                  | 22        |
| <b>3.4 Flores comestíveis .....</b>                                      | <b>24</b> |
| 3.4.1 PANCs: Plantas Alimentícias Não-Convencionais.....                 | 25        |
| 3.4.1.1 <i>Clitoria ternatea</i> L. ....                                 | 26        |
| <b>3.5 Microencapsulação.....</b>                                        | <b>29</b> |
| 3.5.1 Secagem por atomização ( <i>spray drying</i> ).....                | 29        |
| 3.5.2 Agentes carreadores.....                                           | 30        |
| 3.5.2.1 Maltodextrinas .....                                             | 31        |
| 3.5.2.2 Gelatina .....                                                   | 31        |
| 3.5.2.3 Fécula de mandioca .....                                         | 32        |
| 3.5.3 Reologia .....                                                     | 33        |
| 3.5.4 Isotermas de sorção de água .....                                  | 34        |
| <b>4 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>                                       | <b>35</b> |
| <b>4.1 Materiais .....</b>                                               | <b>35</b> |
| <b>4.2 Métodos .....</b>                                                 | <b>35</b> |
| 4.2.1 Produção do extrato das flores da <i>Clitoria ternatea</i> L. .... | 35        |
| 4.2.2 Formulação dos extratos para secagem .....                         | 35        |
| 4.2.3 Viscosidade das misturas extrato/carreadores .....                 | 37        |
| 4.2.4 Produção dos pós.....                                              | 37        |

|                                                                                                   |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.5 Caracterização das matérias-primas .....                                                    | 38        |
| 4.2.6 Caracterização dos pós .....                                                                | 38        |
| 4.2.6.1 Rendimento de processo .....                                                              | 38        |
| 4.2.6.2 Umidade - Método AOAC 926.12.....                                                         | 38        |
| 4.2.6.3 Solubilidade .....                                                                        | 39        |
| 4.2.6.4 Higroscopicidade.....                                                                     | 39        |
| 4.2.6.5 Atividade de água.....                                                                    | 39        |
| 4.2.6.6 Ângulo de contato .....                                                                   | 40        |
| 4.2.6.7 Antocianinas totais .....                                                                 | 40        |
| 4.2.6.8 Reconstituição dos pós .....                                                              | 41        |
| 4.2.6.9 Retenção de antocianinas.....                                                             | 41        |
| 4.2.6.10 Avaliação colorimétrica.....                                                             | 41        |
| 4.2.6.11 Avaliação colorimétrica do extrato líquido e pós reconstituídos em diferentes pHs .      | 42        |
| 4.2.6.12 Morfologia das partículas .....                                                          | 42        |
| 4.2.6.13 Isotermas de sorção de água .....                                                        | 42        |
| 4.2.6.14 Estabilidade ao armazenamento .....                                                      | 43        |
| 4.2.6.15 Análise estatística ... ..                                                               | 43        |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                                              | <b>44</b> |
| <b>5.1 Caracterização das matérias-primas.....</b>                                                | <b>44</b> |
| <b>5.2 Extração e padronização do extrato .....</b>                                               | <b>45</b> |
| <b>5.3 Viscosidade das misturas extrato/carreadores .....</b>                                     | <b>48</b> |
| <b>5.4 Secagem do extrato das flores da <i>C. ternatea</i> por <i>spray drying</i> .....</b>      | <b>50</b> |
| 5.4.1 Rendimento de secagem .....                                                                 | 50        |
| 5.4.2 Propriedade físico-químicas das formulações em pó.....                                      | 51        |
| 5.4.3 Retenção de antocianinas.....                                                               | 53        |
| 5.4.4 Avaliação colorimétrica.....                                                                | 53        |
| 5.4.5 Morfologia das partículas .....                                                             | 54        |
| 5.4.6 Propriedades colorimétricas do extrato líquido e pós reconstituídos em diferentes pHs ..... | 56        |
| <b>5.5 Isotermas de sorção de água .....</b>                                                      | <b>60</b> |

|                                                          |           |
|----------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5.6 Estabilidade ao armazenamento .....</b>           | <b>63</b> |
| 5.6.1 Higroscopicidade.....                              | 63        |
| 5.6.2 Antocianinas totais .....                          | 64        |
| 5.6.3 Avaliação colorimétrica.....                       | 65        |
| <b>6 CONCLUSÃO.....</b>                                  | <b>68</b> |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                  | <b>69</b> |
| <b>APÊNDICE A – TESTES PRELIMINARES .....</b>            | <b>81</b> |
| <b>APÊNDICE B – TABELAS DE DADOS COLORIMÉTRICOS.....</b> | <b>91</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

As cores têm sido amplamente utilizadas por indústrias de diversos segmentos como têxteis, alimentos, cosméticos, pintura e produtos farmacêuticos, desempenhando um papel importante no fornecimento de produtos mais atrativos aos consumidores (PARMAR; SINGH, 2018). Na indústria alimentícia a cor é um dos atributos mais utilizados para a avaliação da qualidade, pois o visual do produto é um fator essencial de aceitabilidade. No início do século XIX, com a Revolução Industrial, a química sintética - baseada na descoberta de novos elementos químicos e na síntese orgânica complexa - revolucionou o campo dos pigmentos, produzindo milhares de cores utilizadas em uma ampla variedade de indústrias (DIACU, 2016).

Por outro lado, o uso de corantes sintéticos tem sido associado a efeitos prejudiciais ao meio ambiente, problemas alérgicos, tóxicos e carcinogênicos para a saúde, surgindo a necessidade de produtos naturais e ecologicamente corretos que possam substituí-los (SHAHID; SHAHID-UL-ISLAM; MOHAMMAD, 2013). Preocupações do público em geral, organismos reguladores e da indústria de alimentos sobre a segurança desses aditivos impulsionam a avaliação de riscos potenciais para populações específicas, como as crianças (CORRADINI, 2018).

Na indústria de alimentos, quando os produtos precisam ser coloridos, na maioria das vezes são coloridos artificialmente. Por esse motivo, os pigmentos naturais obtidos de plantas são de crescente interesse como substitutos para corantes sintéticos na indústria alimentícia e farmacêutica (VILLANO; GARCIA-VIGUERA; MENA, 2016), pois agregam valor ao produto, possuem efeitos positivos na saúde, são renováveis, sustentáveis e utilizados desde a antiguidade na coloração de produtos têxteis, alimentos e cosméticos (KADOLPH, 2008).

Atualmente, a indústria de alimentos à base de plantas está se expandindo através do desenvolvimento de produtos inovadores usando flores comestíveis (GOSTIN; WAISUNDARA, 2019) e a atenção aumentou em relação à sua possível aplicação como pigmentos naturais. Por muitos séculos, as flores comestíveis têm sido consumidas na dieta humana. Suas cores ricas contribuem para a saúde, uma vez que são associadas à presença de compostos com atividade antioxidante e, com o aumento das investigações sobre suas propriedades funcionais, o consumo das flores comestíveis tem ganhado popularidade (CHITRAKAR; ZHANG; BHANDARI, 2019; MLCEK; ROP, 2011; KOPEC; BALIK, 2008).

A cor é uma importante propriedade sensorial das flores comestíveis, sendo determinada por compostos químicos como os carotenoides e as antocianinas, sendo que o aumento do teor de antocianinas das flores é correlacionado com altos níveis de flavonoides e atividade

antioxidante (MLCEK; ROP, 2011; FRIEDMAN et al; 2010). No extremo oriente, as flores comestíveis são frequentemente utilizadas em diversos pratos, doces e salgados, bolos e chás. Algumas receitas especificamente incluem flores por sua função culinária, estética e propriedades terapêuticas (ZENG et al., 2014; ALZOREKY; NAKAHARA, 2003).

As flores azuis da ervilha borboleta (*Clitoria ternatea* L.) são comumente usadas na medicina ayurvédica indiana e como corantes naturais em alimentos e bebidas por todo o mundo (PASUKAMONSET; KWON; ADISAKWATTANA, 2016). Além disso, as pétalas das flores representam uma fonte de antocianinas e outros flavonoides que podem ter valores nutracêuticos, especialmente como antioxidantes (KAZUMA; NODA; SUZUKI, 2003). Vários estudos avaliaram os efeitos das flores da ervilha borboleta para a saúde, incluindo estudos *in vitro* e em animais (PASUKAMONSET; KWON; ADISAKWATTANA, 2016; PHRUEKSANAN; YIBCHOK-ANUN; ADISAKWATTANA, 2014). A conversão do extrato líquido da flor em um corante natural em pó é conveniente, resultando em um produto pronto para uso, fácil de manusear e com maior prazo de validade (SITI AZIMA; NORIHAM; MANSHOOR, 2017).

Com base nas considerações acima, o objetivo deste projeto foi estudar a secagem do extrato das flores da ervilha borboleta por *spray drying*, utilizando maltodextrina, fécula de mandioca e gelatina como agentes carreadores, quantificar as substâncias bioativas presentes (antocianinas totais) e obter um produto em pó de coloração azul com boa estabilidade em relação às alterações físico-químicas, contribuindo para a popularização das possibilidades de seu uso na alimentação e como alternativa para o uso de corantes sintéticos.

## 6 CONCLUSÃO

A secagem do extrato das flores da ervilha-borboleta utilizando misturas de maltodextrina, fécula de mandioca e gelatina como agentes carreadores resultou em pós secos com alto teor de antocianinas, boa solubilidade, baixa higroscopicidade e baixo teor de umidade e aW, permitindo boa estabilidade durante o armazenamento e propriedades funcionais relevantes aos corantes naturais. As combinações dos materiais fécula de mandioca e gelatina em misturas com a maltodextrina mostraram-se eficientes para a secagem do extrato.

Uma vez que a umidade de todas as amostras obtidas foi baixa e a variação dos parâmetros de cor das amostras avaliadas nas temperaturas de 140 °C e 160 °C não foi significativa, o principal critério utilizado para a seleção da melhor temperatura de secagem foi a retenção de antocianinas, sendo que as menores temperaturas resultaram em menores perdas. Portanto, a temperatura escolhida foi 140 °C.

As propriedades morfológicas revelaram pós de boa qualidade com partículas esféricas que podem ser utilizados em alimentos, bebidas, sobremesas, produtos farmacêuticos e cosméticos, além de apresentar boas propriedades de reconstituição. A variação de cor dos pós reconstituídos seguiu a tendência natural esperada para as antocianinas, mas a mistura gelatina/maltodextrina usada como agente carreador permitiu maior estabilidade da cor na faixa de pH entre 3 e 11.

O modelo de GAB para as isotermas de sorção apresentou bom ajuste matemático. Ao final do armazenamento por 60 dias a 25 °C e 33% de umidade relativa, as partículas mantiveram a sua cor inicial após a secagem em *spray drying*, enquanto o conteúdo de antocianinas totais sofreu pequenas perdas ao final do processo.

Assim, foi possível obter a forma em pó do extrato líquido das flores da ervilha borboleta, permitindo sua aplicação como corante natural em produtos alimentícios, cosméticos e outros, o que pode representar uma alternativa de substituição ao uso de corantes sintéticos.

## REFERÊNCIAS

- A BÍBLIA. **A cura de um lunático**. Tradução de João Ferreira Almeida. Rio de Janeiro: King Cross Publicações, 2008. 1110 p. Velho Testamento e Novo Testamento.
- ABREU, M. L. C. **Avaliação nutricional da cunhã (*Clitoria ternatea* L.) em diferentes idades de corte**. 2012. 78 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Rio de Janeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.
- AKSUN TÜMERKAN, E.T.; CANSU, Ü.; BORAN, G.; REGENSTEIN, J. M.; ÖZOĞUL, F. Physiochemical and functional properties of gelatin obtained from tuna, frog and chicken skins. **Food Chemistry**, v.287, p. 273-279, 2019.
- ALBARICI, T. R.; VALETA, A. DA C.; PESSOA, J. D. C. **Efeito da Temperatura nas Antocianinas do Açaí**. São Paulo, São Carlos, 2007, 3p. (Embrapa Instrumentação Agropecuária. Comunicado Técnico, 86).
- ALZOREKY, N. S., NAKAHARA, K. Antibacterial activity of extracts from some edible plants commonly consumed in Asia. **International Journal of Food Microbiology**, v.80, n.3, p. 223-230, 2003.
- AMAOLO, A. The Butterfly Pea Flower as a pH Indicator. **International Scholastic Journal of Science**, v.11, n.1, p. 1-3, 2017.
- ANDRADE, R. D. P.; LEMUS, R. M.; PÉREZ, C. E. C. Models of sorption isotherms for food: uses and limitations. **Vitae, Revista de la Facultad de Química Farmacéutica**, v.18, n.3., p. 325-334, 2011.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3ª ed. Viçosa- Editora UFV, 2004, 480 p.
- ARPAGAU, C., SCHWARTZBACH, H.. **Scale-up from the Büchi Mini Spray Dryer B-290 to the Niro MOBILE MINOR**. best@buchi Boletim Informativo, n. 52, 2008.
- ARPAGAU, C.; COLLENBERG, A.; RÜTTI, D.; ASSADPOUR, E.; JAFARI, S. M. Nano spray drying for encapsulation of pharmaceuticals. **International Journal of Pharmaceutics**, v.546, n.1-2, p. 194-214, 2018.
- BACKHAUS, W. G. K. Physiological and psychological simulations of color vision in humans and animals. In: BACKHAUS, W. G. K.; KLIEGL, R.; WERNER, J. S. **Color vision: Perspectives from different disciplines**. Berlim: De Gruyter, 1998, p.45-78.
- BALLESTEROS, L. F.; RAMIREZ, M. J.; ORREGO, C. E.; TEIXEIRA, J. A.; MUSSATTO, S. I. Encapsulation of antioxidant phenolic compounds extracted from spent coffee grounds by freeze-drying and spray-drying using different coating materials. **Food Chemistry**, v.237, p. 623-631, 2017

BARREIRO, J.; MILANO, M.; SANDOVAL, A. Kinetics of colour change of double concentrated tomato paste during thermal treatment. **Journal of Food Engineering**, v.33, n.3-4, p.359-371, 1997.

BARRETT, D. M.; BEAULIEU, J. C.; SHEWFELT, R. Color, flavor, texture, and nutritional quality of fresh-cut fruits and vegetables: desirable levels, instrumental and sensory measurement, and the effects of processing. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.50, n.5, p.369-389, 2010.

BARROS, N. N.; ROSSETTI, A. G.; CARVALHO, R. B. de. Feno de cunhã (*Clitoria ternatea* L.) para acabamento de cordeiros. **Ciencia Rural**, v.34, n.2, p.499-504, 2004.

BATADA, A.; JACOBSON, M. F. Prevalence of artificial food colors in grocery store products marketed to children. **Clinical Pediatrics**, v. 55, n. 12, p. 1113-1119, 2016.

BENVENUTI, S.; BORTOLOTTI, E.; MAGGINI, R. Antioxidant power, anthocyanin content and organoleptic performance of edible flowers. **Scientia Horticulturae**, v.199, p.170-177, 2016.

BETIOL, L. F. L.; EVANGELISTA, R. R.; SANCHES, M. A. R.; BASSO, R. C.; GULLÓN, B.; LORENZO, J. M.; BARRETTO, A. C. S.; ROMERO, J. T. Influence of temperature and chemical composition on water sorption isotherms for dry-cured ham. **LWT**, v.123, p.1-7, 2020.

BOO, H. O.; HEO B. G.; GORINSTEIN, S. Analytical Methods for Enzyme and DPPH Radical Scavenging Activities of Natural Pigments from Some Plants. **Food Analytical Methods**. v.5, n.6, p. 1354-1361. 2012.

BRASIL. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. **Resolução CNNPA nº 44, de 1977**. Resolução que estabelece as condições gerais de elaboração, classificação, apresentação, designação, composição e fatores essenciais de qualidade dos corantes empregados na produção de alimentos e bebidas. Diário Oficial da União, Poder Executivo, 01 fev. 1978. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/391619/RESOLUCAO\\_CNNPA\\_44\\_1977.pdf/b8d43a0d-5c1b-4be1-ba69-67f69cf55446](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/391619/RESOLUCAO_CNNPA_44_1977.pdf/b8d43a0d-5c1b-4be1-ba69-67f69cf55446). Acesso em: 12 jun. 2019.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P. H.; TELLER, E. Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. **Journal of the American Chemical Society**, v. 60, n. 2, p. 309-319, 1938.

BUENO, J. M.; SÁEZ-PLAZA, P.; RAMOS-ESCUADERO, F.; JIMÉNEZ, A. M.; FETT, R.; ASUERO, A.G. Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part II: Chemical structure, color, and intake of anthocyanins. **Critical Reviews in Analytical Chemistry**, v.42, n.2, p. 126-151, 2012.

CAI, Y.Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, v.65, n.7, p.1248-1252, 2000.

CANO-CHAUCA, M., STRINGHETA, P.C., RAMOS, A.M., CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Food Science & Emerging Technologies**, v.6, p. 420-428, 2005.

CANO-HIGUITA, D. M.; MALACRIDA, C. R.; TELIS, V. R. N. Stability of curcumin microencapsulated by spray and freeze drying in binary and ternary matrices of maltodextrin, gum arabic and modified starch. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.39, n. 6, p. 2049-2060, 2015.

CASTRO-MUÑOZ, R.; BARRAGÁN-HUERTA, B. E.; YÁÑEZ-FERNÁNDEZ, J. Use of gelatin-maltodextrin composite as an encapsulation support for clarified juice from purple cactus pear (*Opuntia stricta*). **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p.242-248, 2015.

CAVALCANTI, R. N.; MEIRELES, M. A. A. Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems - An overview. **Food Research International**, v. 44, n.2, p.499-509, 2011.

CELESTINO, S. M. C. Princípios de secagem de alimentos. **Embrapa Cerrados-Documentos (INFOTECA-E)**, 2010.

CEREDA, M. P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades gerais do amido**. Fundação Cargill, Série: Culturas de tuberosas amiláceas Latino-americanas, São Paulo, 2001, v.1, 224 p.

CHE, L. M.; LI, D.; WANG, L. J.; DONG CHEN, X.; MAO, Z. H. Micronization and hydrophobic modification of cassava starch. **International Journal of Food Properties**, v. 10, n.3, p. 527-536, 2007.

CHI, J.; GE, J.; YUE, X.; LIANG, J.; SUN, Y.; GAO, X.; YUE, P. Preparation of nanoliposomal carriers to improve the stability of anthocyanins. **LWT- Food Science and Technology**, v.109, p. 101-107, 2019.

CHITRAKAR, B.; ZHANG, M.; BHANDARI, B. Edible flowers with the common name “marigold”: Their therapeutic values and processing. **Trends in Food Science & Technology**, v. 89, p.76-87, 2019.

CONSTANT, P. B. L.; STRINGHETA, P. C.; SANDI, D. Corantes alimentícios. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.20, n.2, p.203-220, 2002.

CORRADINI, M. G. Synthetic Food Colors. **Encyclopedia of Food Chemistry**, p. 291-296, 2018.

de ARAÚJO, J. A.; GADELHA, J. A.; da SILVA, N. L.; PEREIRA, R. M. D. A. Efeito da altura e intervalo de corte na produção de forragem da cunhã (*Clitoria ternatea* L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.6, p. 979-982, 1994.

de MACEDO GUEDES, T. L.; de LIMA SOARES, M. S.; das NEVES, L. S.; GOMES, K. M. O tempo de pega em gelatinas comerciais: uma experiência da disciplina de quimiometria para estudantes de graduação em Química. **Química Nova**, v.36, n.3, p.480-483, 2013.

de MELO RAMOS, F.; UBBINK, J.; JÚNIOR, V. S.; PRATA, A. S. Drying of Maltodextrin solution in a vacuum spray dryer. **Chemical Engineering Research and Design**, v.146, p.78-86, 2019.

de MOURA, S. C.; BERLING, C. L.; GERMER, S. P.; ALVIM, I. D.; HUBINGER, M. D. Encapsulating anthocyanins from *Hibiscus sabdariffa* L. calyces by ionic gelation: Pigment stability during storage of microparticles. **Food Chemistry**, v. 241, p. 317-327, 2018.

de SOUZA, A.L.R.; RODRIGUES, F. M.; da SILVA, G.V.; dos SANTOS, R. R. Microencapsulação de sucos e polpas de frutas por *spray drying*: uma revisão. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 17, n. 3, p. 327-338, 2015.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. D. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p. 945-954, 2009.

DIACU, E. Colors: Properties and Determination of Synthetic Pigments. **Encyclopedia of Food and Health**, 2016, p. 284-290.

DOKIC, P.; JAKOVLJEVIC, J.; DOKIC-BAUCAL, L. Molecular characteristics of maltodextrins and rheological behaviour of diluted and concentrated solutions. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v.141, n.3, p. 435-440, 1998.

EASTMAN, J. E., MOORE, C. O. **Cold-water-soluble granular starch for gelled food compositions**. U.S. Patent n. 4465702, Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. 1984.

ENGEL, B.; de MONTE BACCAR, N.; MARQUARDT, L.; de OLIVEIRA, M. S. R.; ROHLFES, A. L. B. Tecnologias de atomização e desidratação: alternativas para a produção de farinhas a partir de vegetais. **Revista Jovens Pesquisadores**, v.6, n.1, p. 31-44, 2016.

ERSUS, S.; YURDAGEL, U. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* L.) by spray drier. **Journal of Food Engineering**, v.80, n.3, p.805-812, 2007.

ESFANJANI, A. F.; JAFARI, S. M.; ASSADPOOR, E.; MOHAMMADI, A. Nano-encapsulation of saffron extract through double-layered multiple emulsions of pectin and whey protein concentrate. **Journal of Food Engineering**, v. 165, p. 149-155, 2015.

FAZAEI, M.; EMAM-DJOMEH, Z.; ASHTARI, A. K.; OMID, M. Effect of spray drying conditions and feed composition on the physical properties of black mulberry juice powder. **Food and bioproducts processing**, v. 90, n. 4, p. 667-675, 2012.

FEKETEA, G.; TSABOURI, S. Common food colorants and allergic reactions in children: Myth or reality? **Food Chemistry**, v.230, p.578-588, 2017.

FERNANDES, R. V. de B.; BORGES, S. V.; BOTREL, D. A. Effect of solids content and oil load on the microencapsulation process of rosemary essential oil. **Industrial Crops and Products**, v.58, p. 173-181, 2014.

FERRARI, C. C.; RIBEIRO, C. P.; AGUIRRE, J. M. D. Secagem por atomização de polpa de amora-preta usando maltodextrina como agente carreador. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, n.2, p. 157-165, 2012.

FERREIRA, S.; MALACRIDA, C. R.; TELIS, V. R. N. Influence of Emulsification Methods and Use of Colloidal Silicon Dioxide on the Microencapsulation by Spray Drying of Turmeric Oleoresin in Gelatin-Starch Matrices. **The Canadian Journal of Chemical Engineering**, v. 94, n.11, p. 2210-2218, 2016.

FISCHER, P.; WINDHAB, E. J. Rheology of food materials. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v.16, n.1, p.36-40, 2011.

FREITAS, M. L. F.; POLACHINI, T. C.; de SOUZA, A. C.; TELIS-ROMERO, J. Sorption isotherms and thermodynamic properties of grated Parmesan cheese. **International Journal of Food Science and Technology**, v.51, n.1, p. 250-259, 2016.

FRIEDMAN, H.; AGAMI, O.; VINOKUR, Y.; DROBY, S.; COHEN, L.; REFAELI, G. N. RESNICK; UMIEL, N. Characterization of yield, sensitivity to *Botrytis cinerea* and antioxidant content of several rose species suitable for edible flowers. **Scientia Horticulturae**, v.123, n. 3, p. 395-401, 2010.

FRIEDMAN, M.; JÜRGENS, H. S. Effect of pH on the stability of plant phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.48, n. 6, p.2101-2110, 2000.

GALET, L.; VU, T. O.; OULAHNA, D.; FAGES, J. The wetting behaviour and dispersion rate of cocoa powder in water. **Food and bioproducts processing**, v. 82, n. 4, p. 298-303, 2004.

GIULIANI, A.; CERRETANI, L.; CICHELLI, A. Colors: Properties and Determination of Natural Pigments. **Encyclopedia of Food and Health**, 2016, p. 273-283.

GIUSTI, M.M.; WROLSTAD, R.E. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopy. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**, n.1, p. F1. 2.1-F1. 2.13, 2001.

GIUSTI, M. M.; WROLSTAD, R. E. Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. **Biochemical Engineering Journal**, v.14, n.3, p. 217-225, 2003.

GONZÁLEZ-BARRIO, R.; PERIAGO, M. J.; LUNA-RECIO, C.; GARCIA-ALONSO, F. J.; NAVARRO-GONZÁLEZ, I. Chemical composition of the edible flowers, pansy (*Viola wittrockiana*) and snapdragon (*Antirrhinum majus*) as new sources of bioactive compounds. **Food Chemistry**, v. 252, p. 373-380, 2018

GOMEZ, S. M.; KALAMANI, A. Butterfly pea (*Clitoria ternatea*): A nutritive multipurpose forage legume for the tropicsean overview. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.2, n.6, p.374-379, 2003.

GÓMEZ-GUILLÉN, M.C.; GIMÉNEZ, B.; LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; MONTERO, M. P. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. **Food Hydrocolloids**, v.25, n.8, p. 1813-1827, 2011.

GOSTIN, A. I.; WAISUNDARA, V. Y. Edible flowers as functional food: A review on artichoke (*Cynara cardunculus* L.). **Trends in Food Science & Technology**, v. 86, p.381-391, 2019.

GRANATO, D.; MASSON, M. L. Instrumental color and sensory acceptance of soy-based emulsions: a response surface approach. **Food Science and Technology**, v.30. n.4, p.1090–1096, 2010.

GUARRERA, P. M.; SAVO, V. Perceived health properties of wild and cultivated food plants in local and popular traditions of Italy: A review. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 146, n.3, p.659-680, 2013.

Guia prático sobre PANCs: plantas alimentícias não convencionais. 1ª ed., São Paulo, Organização Instituto Kairós, 2017, 44p.

HIGUITA, DIANA MARIA CANO. **Avaliação de surfactantes de grau alimentício na formação de microemulsões W/O para posterior encapsulação de betalaina por coacervação complexa**. 2017. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, São José do Rio Preto, 2017.

JAFARI, S. M.; GHALENOEI, M. G.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, v.31, p.59–65, 2017.

JAIN, N. N.; OHAL, C. C.; SHROFF, S. K.; BHUTADA, R. H.; SOMANI, R. S.; KASTURE, V. S.; KASTURE, S. B. *Clitoria ternatea* and the CNS. **Pharmacology, Biochemistry and Behavior**, v.75, n.3, p.529–536, 2003.

JÓZWIAK, B; BONCEL, S. Rheology of ionanofluids - A review. **Journal of Molecular Liquids**. v.302, p.1-15, 2020.

JOWITT, R., ESCHER F., HALLSTOM B., MEFFERT H. F. T., SPIESS W. E. L., VOS G. **Physical Properties of Foods**. London and New York: Applied Science Publishers, 1983.

KADOLPH, S. Natural dyes: a traditional craft experiencing new attention. **Delta Kappa Gamma Bulletin**, v.75, n.1, p.14, 2008.

KANYUCK, K.M.; MILLS, T.B ; NORTON, I.T.; NORTON-WELCH, A.B. Temperature influences on network formation of low DE maltodextrin gels. **Carbohydrate Polymers**, v.218, p.170-178, 2019.

KAZUMA, K.; NODA, N.; SUZUKI, M. Flavonoid composition related to petal color in different lines of *Clitoria ternatea*. **Phytochemistry**, v.64, n.6, p. 1133–1139, 2003.

KÖNIG, J. Food colour additives of synthetic origin. In: SCOTTER, Michael J. (Ed.). **Colour Additives for Foods and Beverages**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2015. Cap. 2. p. 35-60.

KOPEC, K., BALIK, J. **Kvalitologie zahradnickych produktu**. Brno: MZLU. 2008. p34-40.

KOU, L.; TURNER, E. R.; LUO, Y. Extending the Shelf Life of Edible Flowers with Controlled Release of 1-Methylcyclopropene and Modified Atmosphere Packaging. **Journal of Food Science**, v.77, n.5, p.188-193, 2012.

KUCK, L. S.; NOREÑA, C. P. Z. Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum Arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. **Food Chemistry**, v. 194, p. 569-576, 2016.

LEE, S. J.; WONG, M. **Nano and Microencapsulation of Phytochemicals**. Nano- and Microencapsulation for Foods, 1ª ed., John Wiley & Sons, 2014, p. 117-165.

LOPEZ, A.; PIQUE, M. T.; BOATELLA, J.; PARCERISA, J.; ROMERO, A.; FERRÁ, A.; GARCÍ, J. Influence of drying conditions on the hazelnut quality. III. Browning. **Drying Technology**, v.15, n.3-4, p.979-988, 1997.

MAHDAVI, S. A.; JAFARI, S. M.; ASSADPOOR, E.; DEHNAD, D. Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.85, p.379-385, 2016.

MARA RIGHETTO, A.; MARIA NETTO, M. Effect of encapsulating materials on water sorption, glass transition and stability of juice from immature acerola. **International Journal of Food Properties**, v. 8, n. 2, p. 337-346, 2005.

MARFIL, P. H. M.; ANHÊ, A. C. B. M.; TELIS, V. R. N.,. Texture and microstructure of gelatin/corn starch-based gummy confections. **Food Biophysics**. v. 7, n. 3, p. 236-243, 2012.

MEHMOOD, A.; ISHAQ, M.; ZHAO, L.; YAQOOB, S. SAFDAR, B.; NADEEM, M.; MUNIR, M.; WANG, C. Impact of ultrasound and conventional extraction techniques on bioactive compounds and biological activities of blue butterfly pea flower (*Clitoria ternatea* L.) **Ultrasonics Sonochemistry**, v.51, p.12-19, 2019.

MEUNIER, L.; KELLY, F. M.; COCHRANE, C.; KONCAR, V. Flexible displays for smart clothing: Part II- Electrochromic displays. **Indian Journal of Fibre and Textile Research**, v.36, n.4, p.429-435, 2011.

MLCEK, J.; ROP, O. Fresh edible flowers of ornamental plants – A new source of nutraceutical foods. **Trends in Food Science & Technology**, v.22, n.10, p.561-569, 2011.

MOJICA, L.; BERHOW, M.; de MEJIA, E. G. Black bean anthocyanin-rich extracts as food colorants: Physicochemical stability and antidiabetes potential. **Food Chemistry**, v. 229, p.628-639, 2017.

MOLDOVAN, B.; DAVID, L.; CHIȘBORA, C.; CIMPOIU, C. Degradation Kinetics of Anthocyanins from European Cranberrybush (*Viburnum opulus* L.) Fruit Extracts. Effects of Temperature, pH and Storage Solvent. **Molecules**, v.17, n.10, p. 11655-11666, 2012.

MORITZ, D. E. **Produção do Pigmento Monascus Por Monascus ruber CCT 3802 em Cultivo Submerso**. 2005. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

MOSER, P. **Secagem por atomização do suco de uva :microencapsulação das antocianinas**. 2016. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, São José do Rio Preto, 2016.

MOSER, P.; SOUZA, R. T. D.; NICOLETTI TELIS., V. R. Spray drying of grape juice from hybrid cv. BRS Violeta: microencapsulation of anthocyanins using protein/maltodextrin blends as drying aids. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 1, p. 1-11, 2017.

MUKHERJEE, P.K.; KUMAR, V.; KUMAR, N.S.; HEINRICH, M. The Ayurvedic medicine *Clitoria ternatea* - from traditional use to scientific assessment. **Journal of Ethnopharmacology**, v.120, n. 3, p.291–301, 2008.

NAIR, V.; BANG, W.Y.; SCHRECKINGER, E.; ANDARWULAN, N.; CISNEROS-ZEVALLOS, L. Protective role of ternatin anthocyanins and quercetin glycosides from butterfly pea (*Clitoria ternatea* Leguminosae) blue flower petals against lipopolysaccharide (LPS)-induced inflammation in macrophage cells. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.63, n.28, p. 6355-6365, 2015.

NITHIANANTHAM, K.; PING, K.Y.; LATHA, L.Y.; JOTHY, S.L.; DARAH, I.; CHEN, Y.; CHEW, A.L.; SASIDHARAN, S. Evaluation of hepatoprotective effect of methanolic extract of *Clitoria ternatea* (Linn.) flower against acetaminophen-induced liver damage. **Asian Pacific Journal of Tropical Disease**, v.3, n.4, p. 314-319, 2013.

NUR HANANI, Z. A.; ROSS, Y. H.; KERRY, J. P. Use and application of gelatin as potential biodegradable packaging materials for food products. **International Journal of Biological Macromolecules**, v.71, p. 94-102, 2014.

NURHADI, B., ROOS, Y. H., & MAIDANNYK, V. Physical properties of maltodextrin DE 10: Water sorption, water plasticization and enthalpy relaxation. **Journal of Food Engineering**, v.174, p.68–74, 2016.

OBÓN, J. M.; CASTELLAR, M. R.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Production of a red–purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. **Journal of Food Engineering**, v. 90, n. 4, p. 471-479, 2009.

OLIVEIRA, O. W.; PETROVICK, P. R. *Spray drying* of plant extracts: basic remarks and application. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, n.4, p. 641-650, 2010

ORAM, R.N. Register of Australian Herbage Plant Cultivars. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.32, p.547–548, 1992.

OROZCO-PARRA, J.; MEJÍA, C. M.; VILLA, C. C. Development of a bioactive synbiotic edible film based on cassava starch, inulin, and *Lactobacillus casei*. **Food Hydrocolloids**, v.104, p.1-8, 2020.

OZKAN, G.; FRANCO, P.; de MARCO, I.; XIAO, J.; CAPANOGLU, E. A review of microencapsulation methods for food antioxidants: Principles, advantages, drawbacks and applications. **Food Chemistry**, v.272, p. 494-506, 2019.

PARIMALADEVI, B.; BOOMINATHAN, R.; MANDAL, S. C. Evaluation of antipyretic potential of *Clitoria ternatea* L. extract in rats. **Phytomedicine**, v.11, n.4, p.323-326, 2004.

PARMAR, R. S.; SINGH, C. A comprehensive study of eco-friendly natural pigment and its applications. **Biochemistry and Biophysics Reports**, v. 13, p. 22-26, 2018.

PASUKAMONSET, P.; KWON, O.; ADISAKWATTANA, S. Alginate-based encapsulation of polyphenols from *Clitoria ternatea* petal flower extract enhances stability and biological activity under simulated gastrointestinal conditions. **Food Hydrocolloids**, v.61, p.772-779, 2016.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID F. A. J. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food and Bioprocess Technology**, v.6, n.1, p.36-60, 2013.

PEREIRA, A. R. L.; CATTELAN, M. G.; NICOLETTI, V. R. Microencapsulation of pink pepper essential oil: Properties of spray-dried pectin/SPI double-layer versus SPI single-layer stabilized emulsions. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 581, p. 1-9, 2019.

PHRUEKSANAN, W.; YIBCHOK-ANUN, S.; ADISAKWATTANA, S. Protection of *Clitoria ternatea* flower petal extract against free radical-induced hemolysis and oxidative damage in canine erythrocytes. **Research in Veterinary Science**, v. 97, n.2, p.358–364, 2014.

PIRES, T. C. S.; DIAS, M. I.; BARROS, L.; CALHELHA, R. C.; ALVES, M. J.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; SANTOS-BUELGA, C.; FERREIRA, I. C. F. R. Edible flowers as sources of phenolic compounds with bioactive potential. **Food Research International**, v. 105, p.580-588, 2018.

QUEK, S. Y.; CHOK, N. K.; SWEDLUND, P. The physicochemical properties of spray-dried watermelon powder. **Chemical Engineering and Processing**, v.46, n.5, p.386-392, 2007.

QUIRIJNS, E. J.; VAN BOXTEL, A. J.; VAN LOON, W. K.; VAN STRATEN, G. Sorption isotherms, GAB parameters and isosteric heat of sorption. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 11, p. 1805–1814, 2005.

RAGHU, K. S.; SHAMPRASAD, B. R.; KABEKKODU, S. P.; PALADHI, P.; JOSHI, M.B; VALIATHAN, M. S.; GURUPRASAD, K. P.; SATYAMOORTHY, K. Age dependent neuroprotective effects of medhya rasayana prepared from *Clitoria ternatea* Linn. in stress induced rat brain. **Journal of Ethnopharmacology**, n.197, p. 173-183, 2017.

RAJABI, H.; GHORBANI, M.; JAFARI, S. M.; MAHOONAK, A. S.; RAJABZADEH, G. Retention of saffron bioactive components by spray drying encapsulation using maltodextrin, gum arabic and gelatin as wall materials. **Food Hydrocolloids**, v.51, p. 327-337, 2015.

RAMAKRISHNAN, Y.; ADZAHAN, N. M.; YUSOF, Y. A.; MUHAMMAD, K. Effect of wall materials on the spray drying efficiency, powder properties and stability of bioactive compounds in tamarillo juice microencapsulation. **Powder Technology**, v. 328, p. 406-414, 2018.

ROCHA, D. S.; REED, E. Pigmentos Naturais em Alimentos e sua Importância para a Saúde. **Revista EVS - Revista de Ciências Ambientais e Saúde**, v. 41, n. 1, p. 76-85, 2014.

ROSS, C. F.; HOYE, J. C.; FERNANDEZ-PLOTKA, V. C. Influence of heating on the polyphenolic content and antioxidant activity of grape seed flour. **Journal of Food Science**, v.76, n.6, p. 884-890, 2011.

SAÉNZ, C.; TAPIA, S.; CHÁVEZ, J.; ROBERT, P. Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (*Opuntia ficus-indica*). **Food Chemistry**, v. 114, n. 2, p. 616-622, 2009.

SAHIN, S.; SUMNU, S. G. **Physical properties of foods**. New York. Springer Science & Business Media, 2006, 257 p.

SÁNCHEZ, F. D.; LÓPEZ, E. M. S.; KERSTUPP, S. F.; IBARRA, R. V.; SCHEINVAR, L. Colorant extraction from red prickly pear (*Opuntia lasiacantha*) for food application. **Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry**, v. 5, n. 2, p. 1330-1337, 2006.

SANTANA, A. A.; CANO-HIGUITA, D. M.; OLIVEIRA, R. A.; TELIS, V. R. Influence of different combinations of wall materials on the microencapsulation of jussara pulp (*Euterpe edulis*) by spray drying. **Food chemistry**, v. 212, p. 1-9, 2016.

SAPTARINI, N. M.; SURYASAPUTRA, D.; NURMALIA, H. Application of butterfly Pea (*Clitoria ternatea* Linn) extract as an indicator of acid-base titration. **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, v. 7, n.2, p. 275-280, 2015.

SHAHID, M.; SHAHID-UL-ISLAM; MOHAMMAD, F. Recent advancements in natural dye applications: A review. **Journal of Cleaner Production**, v.53, p.310-331, 2013.

SITI AZIMA, A.M., NORIHAM, A., MANSHOOR, N. Phenolics, antioxidants and color properties of aqueous pigmented plant extracts: *Ardisia colorata* var. *elliptica*, *Clitoria ternatea*, *Garcinia mangostana* and *Syzygium cumini*. **Journal of Functional Foods**, v.38, p. 232–241, 2017.

SOHAIL, A.; TURNER, M. S.; COOMBES, A.; BOSTROM, T.; BHANDARI, B. Survivability of Probiotics Encapsulated in Alginate Gel Microbeads Using a Novel Impinging Aerosols Method. **International Journal of Food Microbiology**, v. 145, n.1, p. 162-168, 2011.

STEFFE, J. F. **Rheological Methods in Food Process Engineering**. 2<sup>a</sup> ed. - Freeman Press, 1996, 418 p.

STENCL, J. Modelling the water sorption isotherms of yoghurt powder spray. **Mathematics and Computers in Simulation**, v. 65, n.1-2, p. 157-164, 2004.

TELIS, V. R. N.; MARTINEZ-NAVARRETE, N. Collapse and Color Changes in Grapefruit Juice Powder as Affected by Water Activity, Glass Transition, and Addition of Carbohydrate Polymers. **Food Biophysics**. v. 4, n. 2, p. 83-93, 2009.

TERAHARA, N.; SAITO, N.; HONDA, T.; TOKI, K.; OSAJIMA, Y. Acylated anthocyanins of *Clitoria ternatea* flowers and their acyl moieties. **Phytochemistry**, v. 29, n. 3, p. 949-953, 1990.

TERAHARA, N.; SAITO, N.; HONDA, T.; TOKI, K.; OSAJIMA, Y. Structure of ternatin A1, the largest ternatin in the major blue anthocyanins from flowers. **Tetrahedron Letters**, v.31, n.20, p 2921-2924, 1990.

TERAHARA, N.; ODA, M.; MATSUI, T.; OSAJIMA, Y.; SAITO, N.; TOKI, K.; HONDA, T. Five new anthocyanins, ternatins A3, B4, B3, B2, and D2, from *Clitoria ternatea* flowers. **Journal of Natural Products**, v.59, n.2, p.139-144, 1996.

TONON, R. V.; BRABET, C.; PALLET, D.; BRAT, P.; HUBINGER, M. D. Physicochemical and morphological characterisation of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced with different carrier agents. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 44, n.10, p. 1950-1958, 2009.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. **Journal of Food Engineering**, v. 88, n. 3, p. 411-418, 2008.

TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International*, v. 43, n. 3, p. 907-914, 2010.

TONTUL, I.; TOPUZ, A. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 63, p. 91-102, 2017.

U. S. FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA). **Overview of Food Ingredients, Additives & Colors**, nov. 2004, revisado em abril 2010. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/overview-food-ingredients-additives-colors#coloradd>. Acesso em: 17 jun. 2019.

VALDUGA, E.; LIMA, L.; do PRADO, R.; PADILHA, F. F.; TREICHEL, H. Extração, secagem por atomização e microencapsulamento de antocianinas do bagaço da uva "Isabel" (*Vitis labrusca*). **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.5, p. 1568-1574, 2008.

VALENZUELA, C., AGUILERA, J. M. Effects of maltodextrin on hygroscopicity and crispness of apple leathers. **Journal of Food Engineering**, v. 144, p.1-9, 2015.

VANISKI, R.; CORTI, D.; DRUNKLER, D. A. Técnicas e materiais empregados na microencapsulação de probióticos. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 8, n. 1, p. 156-184, 2017.

VÁSQUEZ, C.; DÍAZ-CALDERÓN, P.; ENRIONE, J.; MATIACEVICH, S State diagram, sorption isotherm and color of blueberries as a function of water content. **Thermochimica Acta**, v. 570, p. 8-15, 2013.

VIDOVIĆ, S. S.; VLADIĆ, J. Z.; VAŠTAG, Ž. G.; ZEKOVIĆ, Z. P.; POPOVIĆ, L. M. Maltodextrin as a carrier of health benefit compounds in *Satureja montana* dry powder extract obtained by spray drying technique. **Powder Technology**, v. 258, p. 209-215, 2014.

VIEIRA, P. M. **Avaliação da composição química, dos compostos bioativos e da atividade antioxidante em seis espécies de flores comestíveis**. 2013. 102 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas de Araraquara – UNESP. São Paulo, Araraquara, 2013.

VILLANO, D.; GARCÍA-VIGUERA, C.; MENA, P. Colors: Health Effects. **Encyclopedia of Food and Health**, p. 265-272, 2016.

VLADIĆ, J.; AMBRUS, R.; SZABÓ-RÉVÉSZ, P.; VASIĆ, A.; CVEJIN, A.; PAVLIĆ, B.; VIDOVIĆ, S. Recycling of filter tea industry by-products: Production of *A. millefolium* powder using spray drying technique. **Industrial Crops and Products**, v.80, p.197–206, 2016.

WANG, S.; SHI, Y.; HAN, L. Development and evaluation of microencapsulated peony seed oil prepared by spray drying: Oxidative stability and its release behavior during in-vitro digestion. **Journal of Food Engineering**, v. 231, p. 1–9, 2018.

Work with color. “Blue”. Disponível em: <http://www.workwithcolor.com/blue-color-hue-range-01.htm>. Acesso em: 17 de jan. 2020.

ZENG, Y.; DENG, M.; Lv, Z.; PENG, Y. Evaluation of antioxidant activities of extracts from 19 Chinese edible flowers. **Springer Plus**, v.3, n.1, p.1–5. 2014.

ZUANON, L. A. C.; FUZARI, N. C.; FERREIRA, S.; FREITAS, M. L. F.; MOSER, P., NICOLETTI, V. R. Production and Storage Properties of Spray-Dried Red Beet Extract Using Polysaccharide-Based Carrier Systems. **International Journal of Food Engineering**, v.15, n.7, p.1-15, 2019.

ZUANON-SARDELLA, L. A. C. **Produção, caracterização e aplicação de extrato de beterraba microencapsulado em matrizes de maltodextrina e amido modificado**. 2016, 127 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. São Paulo, São José do Rio Preto, 2016.